

平成 21 年 6 月 30 日現在

研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19510025
 研究課題名 (和文) 歴史的試料を用いた 1960 年代の太平洋における核実験起源炭素 14 の復元
 研究課題名 (英文) Reconstruction of bomb radiocarbon in the Pacific in the 1960s by means of radiocarbon measurements in historical samples.
 研究代表者
 熊本 雄一郎 (KUMAMOTO YUICHIRO)
 独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境観測研究センター・技術研究主任
 研究者番号：70359157

研究成果の概要：

本研究により、1968/69 年の中部太平洋における核実験起源炭素 14 蓄積量が明らかにされた。それらを 1973 年の観測データと比較した結果、1968 年から 1973 のわずか 5 年間に、水深 500 m 付近まで表層で、大気中核実験起源炭素 14 が速やかに増加していたことがわかった。試料保存法に問題があったために定量的な議論には限界があったが、本研究で得られた炭素 14 の経年変化に関わる知見、試料前処理法の検討結果等は今後の研究進展に資することが期待される。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2008 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：物質循環、海洋循環、地球変動予測、炭素 14、太平洋

1. 研究開始当初の背景

宇宙線によって大気中で生成する炭素 14 は、半減期 5730 年の放射性核種である。海水に含まれる炭素 14 は放射壊変によって減少するので、この天然起源炭素 14 の減少の程度は「海水年齢」の推定に利用されてきた。一方、1950～60 年代に実施された大気圏中核実験の結果、大気中の炭素 14 濃度は急激に上昇した。この核実験起源炭素 14 によって上述の「炭素 14 時計」は攪乱されてしまったが、海洋中における核実験起源炭素 14 の蓄積量から大気・海洋間における二酸化炭素

ガス交換速度を推定することができるようになった。このガス交換速度は、海洋の人為起源二酸化炭素の吸収量を推定するための重要な情報となっている。

全海洋規模の炭素 14 の分析は 1970 年代の GEOSECS (Geochemical Ocean Section Study) 観測と 1990 年代の WOCE (World Ocean Circulation Experiment) 観測において集中的に行われた。しかし、それぞれのデータセットによって見積もられたガス交換量は、大きく異なっていた。この問題は現在も議論が続けられているが、より少ない GEOSECS のデ

ータを使って見積もれられた 1970 年代の蓄積量が過大評価されていたという見解が有力になりつつある。正確なガス交換量の把握には、1970 年代と 1990 年代だけでなく、過去約 50 年間のグローバルな核実験起源炭素 14 蓄積量の経時変化を明らかにすることがこの問題の解決に必要不可欠である。

2. 研究の目的

1968/69 年、東京大学海洋研究所の白鳳丸航海による初めての本格的な化学海洋学の観測が、中部太平洋の西経 170 度で実施された（航海名：KH68-4）。この航海において、北緯 30 度から南緯 70 度まで、表面から深層までの約 10 層で、海水中に含まれる溶存無機炭素が炭酸ストロンチウム沈殿として保存された（Horibe, 1970）。本研究では、この白鳳丸航海において採取された歴史的試料中の炭素 14 濃度を測定することにより、1968/69 年当時の中部太平洋における炭素 14 分布を再現し、観測データがほとんど無い 1960 年代後半から 1970 年代前半（GEOSECS）にかけての核実験起源炭素 14 蓄積量の経時変化を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 試料前処理

炭酸ストロンチウム沈殿の前処理は、海洋研究開発機構むつ研究所で実施した。前処理の最初の過程は炭酸ストロンチウムからの二酸化炭素ガス単離・精製であるが、本研究では酸添加による湿式法と直接加熱による乾式法と呼ばれる 2 つの方法を検討した。回収率及び炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) の測定結果から、良好な結果が得られた前者の方法を用いることとした。単離・精製された二酸化炭素ガスは、加速器質量分析法で炭素 14 を測定するためにグラファイト粉末に還元した。

(2) 試料分析

炭素 14 同位体比 ($\Delta^{14}\text{C}$) の算出に必要な試料 CO_2 ガスの $\delta^{13}\text{C}$ は、むつ研究所の安定同位体質量分析計 Finnigan MAT-252 を用いて分析した。加速器質量分析法 (AMS 法) によるグラファイト化試料中の $\Delta^{14}\text{C}$ 分析は、日本原子力研究開発機構青森研究センターむつ事業所 (JAEA-AMS-MUTSU) で実施した。測定に用いられる標準物質は NIST (米国立標準技術研究所) が配布しているシュウ酸 (SRM-4990C) を、また参照物質として IAEA (国際原子力機関) が配布しているショ糖 (IAEA-C6) を用いた。AMS 分析の精度 (標準偏差) は、約 5 ‰であった。

4. 研究成果

(1) 1968/69 年の測定結果

白鳳丸航海の歴史的試料から得られた、西経 170 度線上の北緯 15 度、南緯 17 度、および南緯 54 度の観測点における、1968/69 年の炭素 14 同位体比 ($\Delta^{14}\text{C}$) の鉛直分布をそれぞれ図 1 から図 3 に示す。3 観測点ともに、 $\Delta^{14}\text{C}$ は水深 500m 以浅で高くなっていった。これは、1960 年代中ごろに最も高濃度になった、大気中核実験起源炭素 14 が、大気・海洋ガス交換によって、海洋表層に移行したことによる。表面水の $\Delta^{14}\text{C}$ を比較してみると、南北熱帯 (北緯 15 度と南緯 17 度) に比べて亜寒帯の南緯 54 度ではその値がやや低くなっていった。これは、熱帯に比べて亜寒帯における海洋表層鉛直混合が活発であるために、表面水の核実験起源炭素 14 が「希釈」されたためであると考えられる。一方、水深 1000m 以深の深層では、最も南に位置する南緯 54 度において、 $\Delta^{14}\text{C}$ が最も高くなっていった。これは、海洋深層の熱塩循環を反映しているものと考えられる。

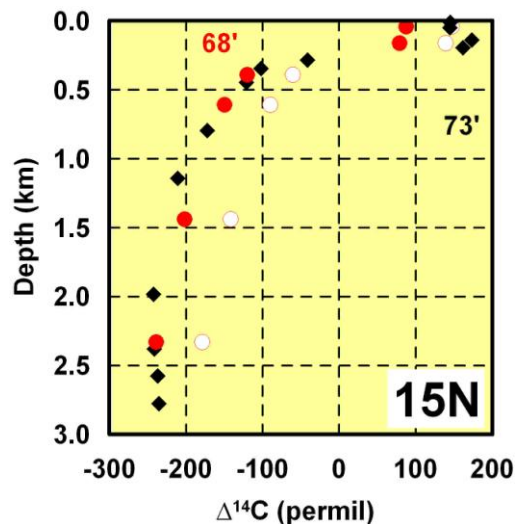


図 1 1968 年における北緯 15 度・西経 170 度における $\Delta^{14}\text{C}$ (‰) の鉛直分布 (白丸)。それらに -60‰ の補正を行ったデータを赤丸で示す。黒四角は、1973 年における北緯 15 度・西経 178 度 (GEOSECS Stn. 231) における $\Delta^{14}\text{C}$ (‰) の鉛直分布を示す (Ostlund and Stuiver, 1980)。

(2) GEOSECS データ (1973 年) との比較

3 観測点で得られた結果を、それぞれ 1973 年に測定された、最寄りの GEOSECS 観測点のデータと比較した。これまで解析結果から、水深 1500m 以深には核実験起源炭素 14 は到達していないことが確認されている。したがって、天然起源炭素 14 の分布が定常的であるならば、1968/69 年から 1973 年の間、水深 1500m 以深の $\Delta^{14}\text{C}$ は変化していないことが期待される。しかしながら、すべて観測点において、1968/69 年のデータは、1973 年のそれ

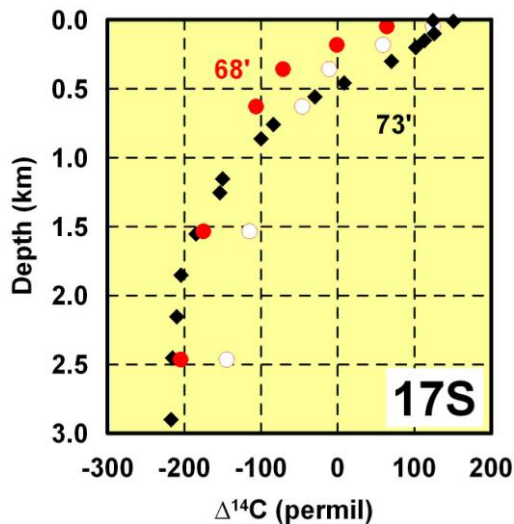


図2 1968年における南緯17度・西経170度における $\Delta^{14}\text{C}$ (‰) の鉛直分布 (白丸)。それらに -60‰ の補正を行ったデータを赤丸で示す。黒四角は、1973年における南緯24度・西経174度(GEOSECS Stn. 269)における $\Delta^{14}\text{C}$ (‰) の鉛直分布を示す(Ostlund and Stuiver, 1980)。

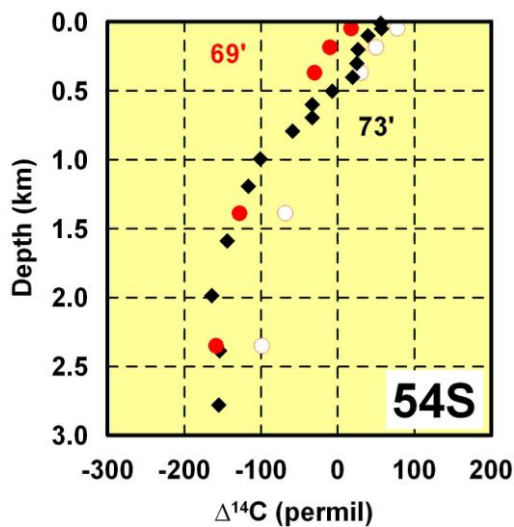


図3 1969年における南緯54度・西経170度における $\Delta^{14}\text{C}$ (‰) の鉛直分布 (白丸)。それらに -60‰ の補正を行ったデータを赤丸で示す。黒四角は、1973年における南緯52度・西経178度(GEOSECS Stn. 293)における $\Delta^{14}\text{C}$ (‰) の鉛直分布を示す(Ostlund and Stuiver, 1980)。

に比して、1500m以深で系統的に約60‰高くなっていた(図1~3)。検討の結果、この「オフセット」は、1968/69年の白鳳丸航海で得られた炭酸ストロンチウムが、約40年の保存期間中に、大気中二酸化炭素中にふくまれる核実験起源炭素14によって汚染された結果であることが推察された。現在、炭酸ストロンチウムはガラス容器に密封されているが、残された記録を確認したところ、過去十数年間は通気性のあるプラスチック容器に保管されていたことが確認された。おそ

らく、この時に「汚染」が進行していったものと想像される。なお、この大気中二酸化炭素による汚染は、1968/69年に採取された試料の炭素安定同位体比 $\delta^{13}\text{C}$ が、1973年のそれに比べて系統的に低いことから支持される(図4)。

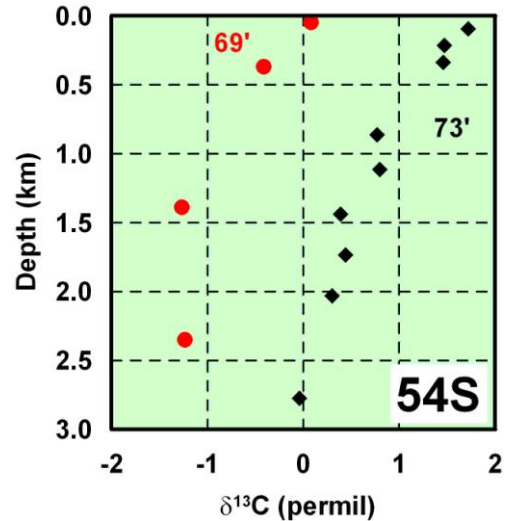


図4 1969年における南緯54度・西経170度における $\delta^{13}\text{C}$ (‰) の鉛直分布 (赤丸)。黒四角は、1973年における南緯52度・西経178度(GEOSECS Stn. 293)における $\delta^{13}\text{C}$ (‰) の鉛直分布を示す(Kroopnick, 1985)。

-60‰ の補正を行った1968/69年のデータと1973年のデータを比較すると、3観測点において、1968/69年から1973年の間に水深約500m以浅で $\Delta^{14}\text{C}$ が増加している可能性があることがわかった(図1~3)。定量的な議論は難しいが、これは大気中核実験起源炭素14が速やかに、熱帯及び南亜寒帯太平洋に移行した結果であると考えられる。北緯15度(図1)および南緯54度(図3)における1968/69年の炭素14データは、ほぼ同じ緯度で観測された1973年のGEOSECSデータと比較した。一方、南緯17度(図2)のデータは、南緯24度のGEOSECSデータとの比較となっている。これまでの観測データから、熱帯から亜熱帯にかけての表層水中炭素14は、高緯度ほど濃度が高くなることがわかっている。したがって、南緯17度における見かけ上大きな $\Delta^{14}\text{C}$ の増加は、このサンプリング・バイアスによるものと考えられる。

(3) まとめ

本研究により、1968/69年の中部太平洋における核実験起源炭素14蓄積量が明らかにされた。それらを1973年の観測データと比較した結果、1968年から1973年のわずか5年間に、水深500m付近まで表層で、大気中核実験起源炭素14が速やかに増加していたことがわかった。試料保存法に問題があったた

めに定量的な議論には限界があったが、本研究で得られた炭素 14 の経年変化に関わる知見、試料前処理法の検討結果等は今後の研究進展に資することが期待される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

熊本 雄一郎 (KUMAMOTO YUICHIRO)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境
観測研究センター・技術研究主任
研究者番号：70359157

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし